

Tolerancia, precisión y error

JOSE LAFFARGA OSTERET, DR. EN CIENCIAS QUIMICAS

DEFINICIONES

Cuando se mide una cantidad, cuando se determina cualquier dimensión, cuando se trata de expresar cuantitativamente el resultado de algún ensayo, los resultados siempre quedan sujetos a error, ya que en la práctica se alcanzan a partir de una muestra limitada de datos variables. El grado de incertidumbre de esas medidas o resultados se puede expresar mediante un "intervalo de confianza" dentro del cual es casi seguro que queda incluido el valor verdadero.

El cálculo y la determinación de los correspondientes intervalos de confianza son aplicaciones de la Estadística, cuyo conocimiento, siquiera en grado elemental, se le supone al lector de estas líneas.

Dentro de las actuales normas y especificaciones de materiales de construcción, como en la mayoría de las normas tecnológicas de Edificación que conocemos, pocas veces quedan claramente explícitos los intervalos de confianza correspondientes a las cifras especificadas, ni el grado de confianza de las medidas. Se suelen indicar separadamente límites inferiores o superiores, como valores "característicos" con un grado de confianza o probabilidad pocas veces indicados, aunque en la mayoría de los casos oscilan del 85 al 95%.

Desde muy antiguo, hay una vieja costumbre industrial para imponer o convenir las denominadas "tolerancias" en las medidas y dimensiones de sus productos, que resulta una forma implícita de indicar intervalos o límites de confianza.

En el diccionario de la Lengua y como acepción no principal, aparecen como definiciones de la palabra "tolerancia" las siguientes:

- TOLERANCIA: "margen o diferencia que se consiente en la cantidad o calidad de las cosas o de la obra que se contrata".

- TOLERANCIA: "error o inexactitud que se permite en las dimensiones de una pieza respecto a las cotas estipuladas en el plano de construcción".

Se fijen los intervalos de confianza o las tolerancias mediante rigurosos mé-

todos estadísticos, o por convenida costumbre, para los fabricantes de materiales y elementos constructivos, para los montadores de éstos, para todos los técnicos de la construcción, ¿por qué no decirlo?, establecer y aceptar una determinada tolerancia, siempre puede resultar una cuestión controvertida y molesta, por lo que tiene de reconocimiento de la probabilidad de errores y de falta de precisión en la concepción y ejecución de las obras.

LOS INEVITABLES ERRORES

Dentro de la Tecnología de la Construcción, acaso convenga aclarar definitivamente la pretendida oposición entre los términos de precisión y tolerancia.

En la actualidad, en la que ya se puede denominar Industria de la Construcción, que se puede transformar en la Construcción Industrializada, lo más normal es recibir en obra materiales de construcción parcialmente elaborados, combinados, como productos más acabados, caso de morteros preparados, hormigones, pinturas, armaduras... y más aún, como elementos constructivos ya terminados que, sean de diseño propio o no, sólo hay que montar, aparte portazgos, fachadas prefabricadas, tabiquerías, instalaciones, etc.

Por todo ello nos ha parecido de interés la redacción de estas líneas intentando contribuir a una mejor clarificación de los conceptos de tolerancia y precisión, de su interrelación en Construcción, donde hay que admitir la inevitable probabilidad de errores, como en toda obra humana. Más que opuestos, los conceptos de precisión y tolerancia deben considerarse complementariamente unidos.

Habrá que insistir siempre en que toda medida de cualidad, dimensiones o características de un material, pieza, elemento o conjunto de construcción, podrá expresarse mediante un solo valor representativo, si junto con el mismo se indican los probables límites de su error. Esto es, hay que desterrar como única expresión de las medidas un valor medio, un valor mínimo o un valor máximo. Habrá que conseguir, mejor explícitamente, al menos de forma implícita conocida, la inclusión en todo proyecto, pliego, norma o especificación con cada medida, de su situación dentro de un co-

nocido intervalo de confianza, junto al grado de confianza o probabilidad de su cálculo.

Los grados de confianza o probabilidad no siempre habrán de tener un valor alto (próximo a 1), sino el suficiente dentro de la seguridad de cada parte de obra y de acuerdo con la propia economía. Naturalmente a menor grado de confianza o probabilidad mayor riesgo, pero no debe olvidarse que junto a lo inevitable del error en toda obra humana, todo el progreso de la misma se debe siempre al riesgo asumido.

En Construcción, en Tecnología constructiva, hay que establecer clara y decididamente grados de confianza o probabilidad en porcentajes bien definidos, como 0,95; 0,90; 0,85; e incluso inferiores si el riesgo correspondiente puede asumirse. Hay que desterrar esas "definiciones cualitativas" de grados de confianza, no demasiado correctamente denominadas calidades, como obra muy buena, buena, mediana, como también esos exagerados coeficientes de seguridad y de minoración, tantas veces medidas de la propia o ajena inseguridad.

LA TOLERANCIA Y EL ARQUITECTO ACTUAL

Aparte de lo anterior, aunque contando con ello, para el Arquitecto de hoy el concepto de la tolerancia no debiera quedarse en una manera de medir una cualidad o dimensión de un material o de un elemento en concreto, pues debiera ampliarse a las relaciones en obra, de los materiales y elementos constructivos inmediatos, más próximos. Por ejemplo, la tolerancia en la inclinación de una pared dependerá de su propia verticalidad, pero también de la horizontalidad del suelo de su habitación. Para toda pintura se podrá tolerar unos cambios de tonalidad dentro de unos límites, según su calidad, pero también en función de las pinturas de las superficies próximas, o según la orientación de la superficie pintada.

Quizás conviniera establecer siempre dos tipos de tolerancias: la de ejecución material de todo material o elemento constructivo, y la de su puesta en obra o montaje.

El estrechamiento de los límites de

confianza, la reducción de la tolerancia o tolerancias, facilitarán siempre la labor del arquitecto proyectista, pero salvo soportar un exponencial crecimiento del coste de la obra se reducirá la seguridad de la misma, al aumentar la probabilidad de error. Y conviene recordar aquí, que muchas veces se fijan tolerancias bastante arbitrarias, no para satisfacer una deseable precisión posible, sino como restricción o precaución por miedo a tener que manejar un producto poco controlado o mal acabado.

Dentro de la actual tecnología constructiva, especialmente al aumentar la utilización de elementos prefabricados, construir es en esencia acoplar elementos más o menos modulados, un ajuste obligado demasiado preciso dificulta el montaje constructivo y su acabado.

Cualquiera que sea la tecnología utilizada, cualquier fachada se ejecuta uniendo piezas entre sí para formar una sola "unidad estética". En su aspiración "utópica", a todo arquitecto le gustaría ver sus fachadas como las proyectadas, "limpias", sin juntas, ni discontinuidades aparentes, que no sólo trata de disimular sino de evitar. Cualquier construcción sin juntas, sin discontinuidades aparentes, resultará "sólida" como si se hubiese "esculpido" o moldeado en una sola pieza, la idealmente diseñada.

En la tecnología de la construcción industrializada para disimular uniones y juntas se suelen emplear diversos sistemas constructivos o auxiliares de tapajuntas, y se es consciente de que el ojo del hombre actual está acostumbrado a aceptar, dentro de unos límites, algún defecto en todo montaje o unión de obra, lo que queda debajo de los tapajuntas.

Los tapajuntas sirven para disimular los defectos de los ajustes y de las uniones de los elementos o módulos constructivos, que se deben incluir con sus tolerancias de montaje. Sin embargo, esa función constructiva de "disimulo de defectos" de los tapajuntas no es nueva, no ha surgido en la reciente construcción industrializada, es ciertamente una vieja función constructiva, bien conocida de los buenos albañiles, carpinteros...

Históricamente, todo albañil ha mantenido la idea de que las molduras, como las escocias, fueron pensadas por los arquitectos para ocultar los encuentros irregulares entre paramentos, para suavizar los ángulos de esos encuentros, para disimular los inevitables errores y defectos de todo encuentro. Cuando en un proyecto no queda especificado el sistema para resolver los encuentros o sus defectos, se puede corregir en obra lo no proyectado, enfoscados, cortes de ingleses, rodapiés, etc., y el albañil intenta corregirlos de la mejor manera según su habilidad y experiencia profesional. Y

acaso esta vieja y respetable costumbre de los buenos albañiles del pasado haya originado entre las fases de la construcción el "acabado basto", admitido e incluso señalado en la práctica constructiva actual, donde no se tiene en cuenta la ordenación y mucho menos la precisión o tolerancia en la ejecución de la obra en esa fase, cuya "precisión" se piensa alcanzar en la siguiente fase constructiva de "acabado fino".

Con la práctica constructiva del "acabado basto" han aparecido materiales, e incluso elementos constructivos, para satisfacer solamente este tipo de acabado. Ello ha sido causa de un problema constructivo nuevo, ya que en ocasiones esos materiales y elementos se han utilizado como acabado ornamental o en acabado final, en los que la existencia de juntas e irregularidades han "agravado" la "mala apariencia" de muchas edificaciones. El encaje defectuoso entre piezas y elementos, como el de los acabados bastos, cuando quedan vistos ha llevado a alguien a afirmar que ya no existen los albañiles de oficio. Lo que resulta totalmente falso: en Construcción sigue habiendo un excelente personal de oficio, capaz de realizar cualquier tarea de alta exigencia, siempre que se le indique y especifique.

TOLERANCIA Y PRAGMATISMO

Con lo dicho anteriormente, hemos querido señalar la necesidad de establecer un acuerdo de tolerancias, atendiendo en un buscado y acordado equilibrio, las necesidades del propio diseño con las reales posibilidades de la Industria, de la tecnología disponible en los contratistas, fijando un mismo intervalo de confianza para lo que se demanda y lo que se ofrece.

Al fijar ese acuerdo sobre tolerancias, entre todas las partes interesadas en la Construcción de hoy, no debiera olvidarse que la falta de tolerancia, por presunción de calidad, v.g., puede llevar a la posibilidad de unos defectos superiores de ejecución, para los que, cuando aparecen, su disimulo y corrección incide grandemente en el coste de la obra, aparte de que algunos defectos no llegan a poder disimularse.

La falta de un acuerdo entre tolerancias de diseño, fabricación y ejecución puede originar defectos visuales en toda obra, pero también otros problemas estructurales más graves.

Aunque se pudiera discutir algo de lo dicho, lo que no nos parece discuti-

ble es la necesidad de establecer claramente las tolerancias en las medidas, ejecución, acabado, en toda norma, pliego de condiciones o especificación. Pero igualmente no se nos oculta otro problema, acaso el principal, sobre el establecimiento y aplicación de tolerancias dentro del actual sistema operativo de normalización en la construcción.

Muchas de las actuales normas especifican materiales y recomiendan tecnologías de aplicación, sin distinguir los diferentes casos de alternativas de continuación. Por ejemplo, hay diferentes especificaciones para el material hormigón, según se utilice en masa o más o menos armado para pretensados, pero no para ser visto, para ser revestido, pintado.

Y dentro de la cuestión de aplicación de las tolerancias, es un hecho el que, aunque las actuales normas aparezcan bien redactadas, sean originales o traducciones, y con especificaciones claras, pocas veces llegan al conocimiento de los operarios. Estos no suelen trabajar con las normas, usan las herramientas de su oficio y en todo caso consultan los planos de obra. Por otra parte, toda norma nueva o modificación de una existente significa algún cambio, y pocas gentes son más refractarias frente a los cambios que las personas que dominan un oficio adquirido tras largos años de trabajo y experiencia.

Para ser operativos, parece que toda decisión sobre la cuantía de una tolerancia debe ser consuetudina por todas las partes implicadas en la construcción, mejor que impuestas. Y de cualquier manera, decidida la aplicación de una tolerancia, ésta debe describirse con entera claridad, en un lenguaje inteligible para todos, sin sofisticaciones técnicas. Habría que implantar un sistema de notaciones poco complicado, y en construcción debiera acostumbrarse a señalar obligadamente todas las tolerancias exigidas en los correspondientes planos de obra.

Como una tolerancia es en definitiva una forma de expresar o definir unos límites de confianza, al depender el intervalo de éstos del propio grado de confianza o probabilidad de error que se espera, con las tolerancias se establecerán diversos grados de confianza, que deben indicarse claramente.

Estableciendo un buen sistema de tolerancias de calidades y ejecución, que sea posible exigir, se aumentará la seguridad del proyectista en la mejor ejecución posible para su obra, pero además ese sistema establecido servirá igualmente para valorar justamente tanto la calidad, como la dificultad real de ejecución de las obras.